

LUMINATOR AND PROJECTION ALIGNER USING THE SAME**Publication Number:** 06-204121 (JP 6204121 A) , July 22, 1994**Inventors:**

SHIOZAWA TAKANAGA

Applicants

CANON INC (A Japanese Company or Corporation), JP (Japan)

Application Number: 04-360795 (JP 92360795) , December 28, 1992**International Class (IPC Edition 5):**

H01L-021/027

G03F-007/20

APIO Class:

42.2 (ELECTRONICS--- Solid State Components)

29.1 (PRECISION INSTRUMENTS--- Photography & Cinematography)

Abstract:

PURPOSE: To manufacture a semiconductor element capable of projection alignment of high resolution, by selecting an optimum illumination system through the direction, the line width, etc., of a pattern form.

CONSTITUTION: The light flux from a light source 1 is subjected to amplitude division into a plurality of incoherent light fluxes by an optical means. A plurality of secondary light sources are formed by applying a plurality of the light fluxes to an optical integrator 10. The light fluxes from a plurality of the secondary light sources are converged by a lens, and illuminate a pattern on a surface to be irradiated. The pattern is subjected to projection exposure on a substrate surface by a projection optical system 13. The optical means has an adjusting member which independently adjusts the respective relative light quantities of a plurality of the light fluxes.

PIO

2005 Japan Patent Information Organization. All rights reserved.

Dialog® File Number 347 Accession Number 4733121

(51)Int.Cl. ⁵ H 01 L 21/027 G 03 F 7/20	識別記号 5 2 1	序内整理番号 7316-2H 7352-4M 7352-4M	F I H 01 L 21/ 30	技術表示箇所 3 1 1 S 3 1 1 L
--	---------------	---	----------------------	------------------------------

審査請求 未請求 請求項の数 6(全 8 頁)

(21)出願番号 特願平4-360795

(22)出願日 平成4年(1992)12月28日

(71)出願人 000001007

キヤノン株式会社

東京都大田区下丸子3丁目30番2号

(72)発明者 塩澤 崇永

神奈川県川崎市中原区今井上町53番地 キ
ヤノン株式会社小杉事業所内

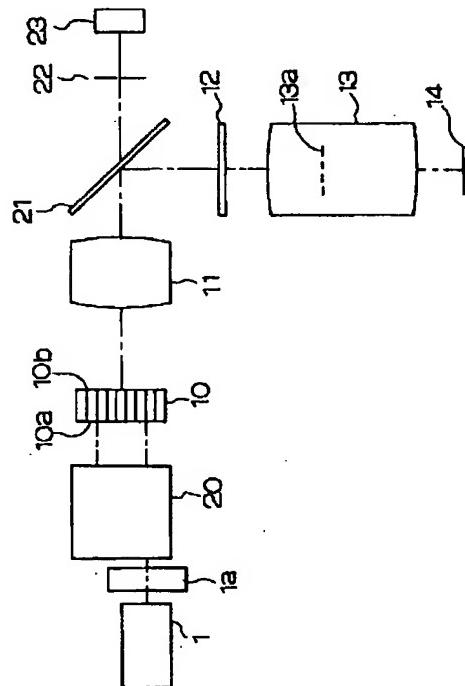
(74)代理人 弁理士 高梨 幸雄

(54)【発明の名称】 照明装置及びそれを用いた投影露光装置

(57)【要約】

【目的】 パターン形状の方向や線幅等により最適な照明系を選択して高解像力の投影露光が可能な半導体素子の製造に好適な照明装置及びそれを用いた投影露光装置を得ること。

【構成】 光源からの光束を光学手段でインコヒーレントな複数の光束に振幅分割し、該複数の光束をオプティカルラインテグレータを介して複数の2次光源を形成し、該複数の2次光源からの光束を集光レンズで集光して被照射面上のパターンを照明し、該パターンを投影光学系により基板面上に投影露光する際、該光学手段は複数の光束の各々の相対光量を独立に調整する調整部材を有していること。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 光源からの光束を光学手段でインコヒーレントな複数の光束に振幅分割し、該複数の光束をオプティカルインテグレータを介して複数の2次光源を形成し、該複数の2次光源からの光束を集光レンズにより集光して被照射面を照射する際、該光学手段は複数の光束の各々の相対光量を独立に調整する調整部材を有していることを特徴とする照明装置。

【請求項2】 光源からの光束を光学手段によりインコヒーレントな複数の光束に振幅分割し、該複数の光束をオプティカルインテグレータを介して複数の2次光源を形成し、該複数の2次光源からの光束を集光レンズで集光して被照射面上のパターンを照明し、該パターンを投影光学系により基板面上に投影露光する際、該光学手段は複数の光束の各々の相対光量を独立に調整する調整部材を有していることを特徴とする投影露光装置。

【請求項3】 前記光学手段は入射光束を所定の偏光特性を有する2つの光束に分割する第1偏光ビームスプリッターと、該第1偏光ビームスプリッターからの2つの光束を更に2つの光束に分割する第2、第3偏光ビームスプリッターとを有していることを特徴とする請求項2の投影露光装置。

【請求項4】 前記調整部材は前記第1、第2、第3偏光ビームスプリッターの前方に配置した回動可能な位相素子より成っていることを特徴とする請求項3の投影露光装置。

【請求項5】 前記調整部材は前記第1偏光ビームスプリッターで分割した2つの光束のうち一方の光束の光路中に減光量が一定又は可変の固定又は着脱可能な減光部材を有していることを特徴とする請求項3の投影露光装置。

【請求項6】 前記減光部材はNDフィルター又はハーフミラーから成ることを特徴とする請求項5の投影露光装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は照明装置及びそれを用いた投影露光装置に関し、具体的には半導体素子の製造装置である所謂ステッパーにおいてレチクル面上のパターンを適切に照明し、高い解像力が容易に得られるようにした照明装置及びそれを用いた投影露光装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 最近の半導体素子の製造技術の進展は目覚ましく、又それに伴う微細加工技術の進展も著しい。特に光加工技術は1MDRAMの半導体素子の製造を境にサブミクロンの解像力を有する微細加工の技術まで達している。解像力を向上させる手段としてこれまで多くの場合、露光波長を固定して、光学系のNA(開口数)を大きくしていく方法を用いていた。しかし最近では露

光波長をg線からi線に変えて、超高圧水銀灯を用いた露光法により解像力を向上させる試みも種々と行なわれている。

【0003】 露光波長としてg線やi線を用いる方法の発展と共にレジストプロセスも同様に発展してきた。この光学系とプロセスの両者が相まって、光リソグラフィが急激に進歩してきた。

【0004】 一般にステッパーの焦点深度はNAの2乗に反比例することが知られている。この為サブミクロンの解像力を得ようとすると、それと共に焦点深度が浅くなってくるという問題点が生じてくる。

【0005】 これに対してエキシマレーザーに代表される更に短い波長の光を用いることにより解像力の向上を図る方法が種々と提案されている。短波長の光を用いる効果は一般に波長に反比例する効果を持っていることが知られており、波長を短くした分だけ焦点深度は深くなる。

【0006】 短波長化の光を用いる他に解像力を向上させる方法として位相シフトマスクを用いる方法(位相シフト法)が種々と提案されている。この方法は従来のマスクの一部分に他の部分とは通過光に対し180度の位相差を与える薄膜を形成し、解像力を向上させようとするものであり、IBM社(米国)のLevensonらにより提案されている。解像力RPは波長をλ、パラメータをk₁、開口数をNAとすると一般に式

$$RP = k_1 \lambda / NA$$

で示される。通常0.7~0.8が実用域とされるパラメータk₁は、位相シフト法によれば0.35ぐらい迄大幅に改善できることが知られている。

【0007】 位相シフト法には種々のものが知られており、それらは例えば日経マイクロデバイス1990年7月号108ページ以降の福田等の論文に詳しく記載されている。

【0008】 しかしながら実際に空間周波数変調型の位相シフトマスクを用いて解像力を向上させるためには未だ多くの問題点が残っている。例えば現状で問題点となっているものとして以下のものがある。

- (イ) . 位相シフト膜を形成する技術が未確立。
- (ロ) . 位相シフト膜用の最適なCADの開発が未確立。
- (ハ) . 位相シフト膜を付けないパターンの存在。
- (ニ) . (ハ) に関するネガ型レジストを使用せざるを得ないこと。
- (ホ) . 検査、修正技術が未確立。

【0009】 このため実際に、この位相シフトマスクを利用して半導体素子を製造するには様々な障害があり、現在のところ大変困難である。

【0010】 これに対して、本出願人はより解像力を高めた露光方法及びそれを用いた露光装置を特願平3-28631号公報(平成3年2月22日出願)で提案して

いる。

【0011】そこでは照明光（有効光源）を4つの部分に分割し、4重極状の照明することにより高解像度の投影を行なっている。

【0012】図9は本出願人が先に提案した高解像度用の投影露光装置の要部概略図である。

【0013】同図においてはエキシマレーザー101から射出した光束をビーム整形光学系（不図示）によりビーム整形した後、光分割手段109aで互いにインコヒーレントな複数の光束に振幅分割して射出してオプティカルインテグレータ110に入射している。

【0014】オプティカルインテグレータ110の入射面110aにおける光強度分布は、例えば図10に示すようになっている。このとき射出面110bもそれに対応した光強度分布となっている。

【0015】尚、図10では光分割手段109aで入射光束を4つの光束の分割した場合を示している。

【0016】オプティカルインテグレータ110からの光束をコンデンサーレンズ111で集光し、被照射面であるレチクル112を照明している。そしてレチクル112面上のパターンを投影光学系113によりウエハ14面上に投影している。

【0017】同図ではオプティカルインテグレータ110の射出面110bの光強度分布を図10に示すような形状とし、かつコンデンサーレンズ111で射出面110bを投影光学系113の瞳に結像させるようにしている。これによりレチクル112の特定のパターンについて高解像度のパターン投影を行なっている。

【0018】

【発明が解決しようとする課題】一般にウエハ面上に転写されるパターン像質（解像度）は照明装置の性質、例えば被照射面上の照射光の角度分布（配光特性）に大きく影響される。

【0019】半導体素子の製造用の投影露光装置では組立精度のバラツキや各要素の経時的な変動のために被照射面であるレチクル面上の配光特性を均一に維持するのが大変難しい。この為、被照射面上の配光特性の非対称性によりパターン像の解像力が低下してくる場合があった。

【0020】本発明は本出願人が先に出願した投影露光装置において、照明装置の一部を構成するオプティカルインテグレータの入射面上の複数の光束に基づく照度分布を任意に調整できるようにし、これにより被照射面上の配光特性を任意に調整し、高い解像度のパターン像が容易に得られる半導体素子の製造に好適な照明装置及びそれを用いた投影露光装置の提供を目的とする。

【0021】

【課題を解決するための手段】本発明の照明装置は、光源からの光束を光学手段でインコヒーレントな複数の光束に振幅分割し、該複数の光束をオプティカルインテグ

レータを介して複数の2次光源を形成し、該複数の2次光源からの光束を集光レンズにより集光して被照射面を照射する際、該光学手段は複数の光束の各々の相対光量を独立に調整する調整部材を有していることを特徴としている。

【0022】本発明の投影露光装置は、光源からの光束を光学手段によりインコヒーレントな複数の光束に振幅分割し、該複数の光束をオプティカルインテグレータを介して複数の2次光源を形成し、該複数の2次光源からの光束を集光レンズで集光して被照射面上のパターンを照明し、該パターンを投影光学系により基板面上に投影露光する際、該光学手段は複数の光束の各々の相対光量を独立に調整する調整部材を有していることを特徴としている。

【0023】この他本発明の投影露光装置では、（イ）前記光学手段は入射光束を所定の偏光特性を有する2つの光束に分割する第1偏光ビームスプリッターと該第1偏光ビームスプリッターからの2つの光束を更に2つの光束に分割する第2、第3偏光ビームスプリッターとを有していること、（ロ）前記調整部材は前記第1、第2、第3偏光ビームスプリッターの前方に配置した回動可能な位相素子より成っていること、（ハ）前記調整部材は前記第1偏光ビームスプリッターで分割した2つの光束のうち一方の光束の光路中に減光量が一定又は可変の固定又は着脱可能な減光部材を有していること、

（ニ）前記減光部材はNDフィルター又はハーフミラーから成ること、等を特徴としている。

【0024】

【実施例】図1は本発明の実施例1の要部概略図である。

【0025】図中1は光源であり、例えば狭帯域化したエキシマレーザ等から成っている。エキシマレーザ1からの光束はプリズム、グレーティング若しくはそれらとエタロン等の組み合わせにより狭帯域化され、非常に強い偏光特性を有している。

【0026】1aはビーム整形光学系であり、光源1からの光束をビーム整形して射出している。20は光学手段であり、ビーム整形光学系1aからの光束をインコヒーレントな複数の光束に振幅分割し、かつ調整部材により複数の光束の各々の相対強度を独立に調整した後に射出し、オプティカルインテグレータ10の入射面10aに入射している。入射面10aには、例えば図10に示すような複数の光束に基づく複数の光量分布が形成されている。

【0027】オプティカルインテグレータ10は複数の微小レンズを2次元的に所定のピッチで配列して構成している。オプティカルインテグレータ10の射出面10bには複数の2次元光源が形成されている。

【0028】11はコンデンサーレンズであり、オプティカルインテグレータ10の射出面10bからの光束を

集光し、ハーフミラー 2 1 に入射している。ハーフミラー 2 1 で反射した一部の光は、より被照射面であるレチクル 1 2 を照明している。

【0029】尚、以上の光源 1 からレチクル 1 2 に至る各要素は照明装置の一要素を構成している。

【0030】1 3 は投影光学系であり、レチクル 1 2 面上のパターンをウエハ 1 4 面上に縮小投影している。2 2 はピンホールであり、ハーフミラー 2 1 を介してレチクル 1 2 と光学的に等価な位置に配置している。

【0031】2 3 は光検出器であり、ハーフミラー 2 1 を透過し、ピンホール 2 2 を通過してきた光束を検出し、間接的にレチクル 1 2 面上の照度をモニターしている。光検出器 2 3 は2次元CCDや4分割センサー等から成り、ピンホール 2 2 を通過してくる全光量を計測すると共に、後述するようにオプティカルインテグレータ 1 0 の射出面 1 0 b に形成された複数の領域（例えば4つの領域）の有効光源の強度比をモニターしている。オプティカルインテグレータ 1 0 の射出面 1 0 b 上の複数の領域の強度比が等しくなるように後述する光学手段 2 0 内の調整部材で調整している。

【0032】尚、コンデンサレンズ 1 1 はオプティカルインテグレータ 1 0 の射出面 1 0 b 近傍に形成した複数の2次光源をハーフミラー 2 1 を介して投影光学系 1 3 の瞳 1 3 a に2次光源像として形成している。

【0033】本実施例では投影光学系 1 3 の瞳面 1 3 a に形成される2次光源像の光強度分布を種々と変更して前述の特願平3-28613号で提案したのと同様の照明方法（高解像度照明）を探ることにより高解像度の回路パターンの投影露光を行なっている。

【0034】次に本実施例の光学手段 2 0 の構成について説明する。図 2 は本実施例の光学手段 2 0 の実施例 1 の要部概略図である。

【0035】本実施例ではビーム整形光学系 1 a からの入射光束をインコヒーレントな4つの光束に振幅分割して射出する場合を示している（尚、分割する光束の数は4つに限らずいくつであっても良い）。

【0036】1 は光源であり、偏光特性の強い光束を射出している。図中、2, 5 a, 5 b, 8 a, 8 b, 8 c, 8 d は各々調整部材としての $\lambda/2$ 板等の位相板であり、光軸中心に回転調整可能になっている。3, 6 a, 6 b は各々第1, 第2, 第3偏光ビームスプリッタである。4, 7 a, 7 b は各々ミラーである。

【0037】図 3 は図 2 の各点 (A~F₄) における光束の偏光状態及び振幅を図 2 の各位置 (A~F₄) に対応させて示している。

【0038】図 3 に示す A のような偏光状態 (0° 直線偏光) で光源 1 より射出された光束は調整部材としての $\lambda/2$ 板 2 を適当に調整することにより図 3 の B のような偏光状態 (45° 直線偏光) の光束に変換され、第1偏光ビームスプリッタ 3 を通過することにより、図 3 の

C₁, C₂ のように互いに直交した偏光状態 (0° 直線偏光と 90° 直線偏光) をもつ等強度の2つの光束に分割される。

【0039】これらの光束 C₁, C₂ は適当に調整された調整部材としての $\lambda/2$ 板 5 a, 5 b により再び光束 D₁, D₂ のような 45° 直線偏光に変換される。そして第2, 第3偏光ビームスプリッタ 6 a, 6 b を通過することにより光束 E₁, E₂, E₃, E₄ のように等強度の4つの光束に分割される。

【0040】そして図 4 (A) に示すようにオプティカルインテグレータ 1 0 の入射面 1 0 a の各所定の位置に指向され、その面 1 0 a 上に4つの分布 G 1 ~ G 4 を形成し、射出面 1 0 b 近傍に4つの2次光源群を形成する。

【0041】図 2 中の $\lambda/2$ 板 8 a, 8 b, 8 c, 8 d はオプティカルインテグレータ 1 0 の入射面 1 0 a に入射する各光束の偏光方向を任意に変えるためのものであり、その調整によって4つの光束を図 4 (B), (C) のように設定することができる。

【0042】図 5 は図 2 の光学手段 2 0 において、調整部材としての $\lambda/2$ 板 2 を光軸に対して回転させた場合の各位置での偏光状態を示している。このとき、図 2 の位置 B での偏光状態は図 5 の光束 B のように 45° 直線偏光から若干ずれ、第1偏光ビームスプリッタ 3 を通過した光量の比が等しくなくなる。このような原理によりオプティカルインテグレータ 1 0 の入射面 1 0 a に入射する各光束の相対強度比を調整している。

【0043】本実施例においては光源 1 として直線偏光のレーザーを用いたが、例えば円偏光や梢円偏光の光束を放射する光源を用いた場合、位相板 2 を $\lambda/4$ 板や $\lambda/4$ 板と $\lambda/2$ 板の組み合わせとすることにより同様の効果を達成することができる。又レーザー光に若干の無偏光成分が含まれていた場合、光量の調整巾が若干小さくなる程度で支障はない。

【0044】各偏光ビームスプリッタ 3, 6 a, 6 b は S 偏光が透過率 1% 以下、P 偏光が反射率 1% 以下というように消光比が小さいものが望ましいが、実際にはある偏光が透過率 40% 以下、それと直交する偏光が反射率 40% 以下程度であれば必要な光量調整は可能である。

【0045】図 6 は本発明に係る光学手段の実施例 2 の要部概略図である。

【0046】同図は図 2 の第1偏光ビームスプリッタ 3 により分割された2つの光束の光路中に切替え可能な ND フィルター板 3 1, 3 2 を設けたものである。ND フィルター板 3 1, 3 2 は図 7 に示したようなものであり、例えば光束を 100% 透過させる ND フィルター 3 1 a と様々な透過率をもつ複数の ND フィルター 3 1 a ~ 3 1 h を基板上にターレット式に設けて構成してい

る。

【0047】NDフィルター1 a を透過率100%，NDフィルター3 1 b を透過率95%というように各光路中に所望のNDフィルターを挿入することにより、第1偏光ビームスプリッター3により分割された2つの光束の光量比を調整している。

【0048】本実施例の場合、光源1からの光束が全く無偏光の場合においても有効である。又、NDフィルター板を第2，第3ビームスプリッター6 a, 6 bにより分割された4光束の光路中に配置し、直接4光束の光量比を調整してもよい。

【0049】図8は本発明に係る光学手段の実施例3の要部概略図である。

【0050】本実施例は光源1が全く無偏光、もしくは極めて偏光度の小さい光束を射出する場合である。

【0051】図中、4 1は消光比の小さい第1偏光ビームスプリッターであり、光源1からの光束が第1偏光ビームスプリッター4 1を通過することにより、ほぼ完全に2つの直交した直線偏光の光に分けられる。4 2 a, 4 2 b, 4 2 cは各々固定された $\lambda/4$ 板であり、第1偏光ビームスプリッターを通過してきた直線偏光光を円偏光光に変換するように設定されている。4 2 d, 4 2 eは設定可変な調整部材としての $\lambda/4$ 板であり、第2，第3ビームスプリッター6 a, 6 bによる光束の分割比（光束b₁：光束b₂及び光束b₃：光束b₄）を調整する為のものである。

【0052】4 3, 4 4は反射率を変えることのできる複数のハーフミラーを有するハーフミラー部材であり、図9のNDフィルター板と同じような構成を持つ。

【0053】今、ハーフミラー部材4 3, 4 4の無調整のとき（ハーフミラー部材4 3, 4 4内の光軸上のハーフミラーの透過率が共に100%のとき）、光束b₁+光束b₂の光量が100、光束b₃+光束b₄の光量が80のときに双方の光量を等しくしたいとする。このときハーフミラー部材4 3を透過率90%、反射率10%のハーフミラーに切り替えると両者の光量が等しくなる。

【0054】以下、このときの原理を説明する。偏光ビームスプリッター4 1は分割面に対してP偏光光を透過、S偏光光を反射するものとする。光源1からの光束は偏光ビームスプリッター4 1を通過することにより90%の透過光（P偏光光）と10%の反射光（S偏光光）に分割される。90%の透過光（P偏光光）は $\lambda/4$ 板4 2 bを通過することにより円偏光光に変換される。

【0055】この光のうちハーフミラー4 3によって反射された10%の光束は、再び $\lambda/4$ 板4 2 bを通過しS偏光光に変換される。この光は偏光ビームスプリッター4 1により反射され、 $\lambda/4$ 板4 2 aを介してミラー4 4により反射され、再び偏光ビームスプリッター4 1

に入射するときにはP偏光となり、反射されずにミラー4の方向（b₃, b₄）へ指向される。

【0056】そして10%の光束は $\lambda/4$ 板4 2 cを通じ、ハーフミラー部4 4に入射する。これにより光束（b₁+b₂）の光量が90、光束（b₃+b₄）の光量が90となり、双方は一致する。

【0057】本実施例では以上のような原理により、光量のロス無しに複数の光束の光量を調整している。

【0058】

【発明の効果】本発明によれば以上のように各要素を設定することにより、投影露光装置において照明装置の一部を構成するオプティカルインテグレータの入射面上の複数の光束に基づく照度分布を任意に調整できるようにし、これにより被照射面上の照度分布を任意に調整し、高い解像度のパターン像が容易に得られる半導体素子の製造に好適な照明装置及びそれを用いた投影露光装置を達成している。

【0059】この他本発明によれば、光源からの光束の偏光状態を変えることにより、もしくは減光手段を用いることにより、分割する光束の光量比を制御し、有効光源の強度分布を制御することが可能であり、有効光源の非対称性を原因とする結像性能の劣化を防ぐことができ、良好な結像性能を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の実施例1の要部概略図

【図2】 図1の一部分の説明図

【図3】 図2の各位置における光束の偏光状態の説明図

【図4】 図1のオプティカルインテグレータの射出面上の光束の説明図

【図5】 図1のオプティカルインテグレータの射出面上の光束の説明図

【図6】 本発明に係る光学手段の実施例2の要部概略図

【図7】 図6の一部分の説明図

【図8】 本発明に係る光学手段の実施例3の要部概略図

【図9】 従来の投影露光装置の要部概略図

【図10】 図9の一部分の説明図

【符号の説明】

1 光源

1 a ピーム整形光学系

2, 5 a, 5 b 調整部材

3, 6 a, 6 b 偏光ビームスプリッター

1 0 オプティカルインテグレータ

1 2 レチクル

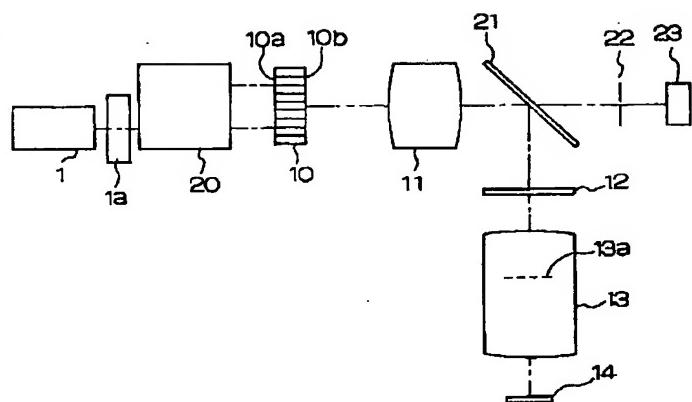
1 3 投影光学系

1 4 ウエハ

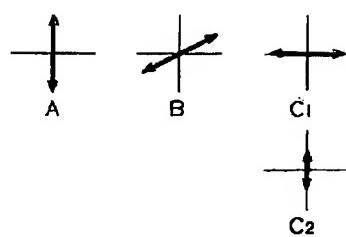
2 0 光学手段

2 1 ハーフミラー

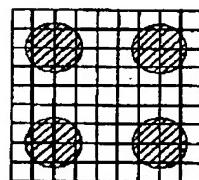
【図1】



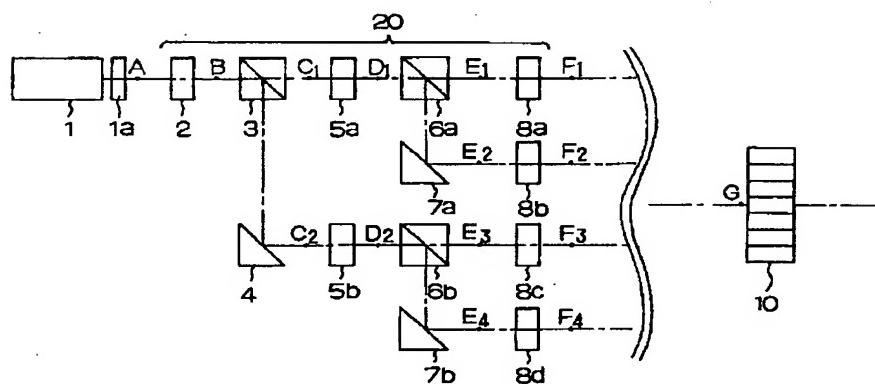
【図5】



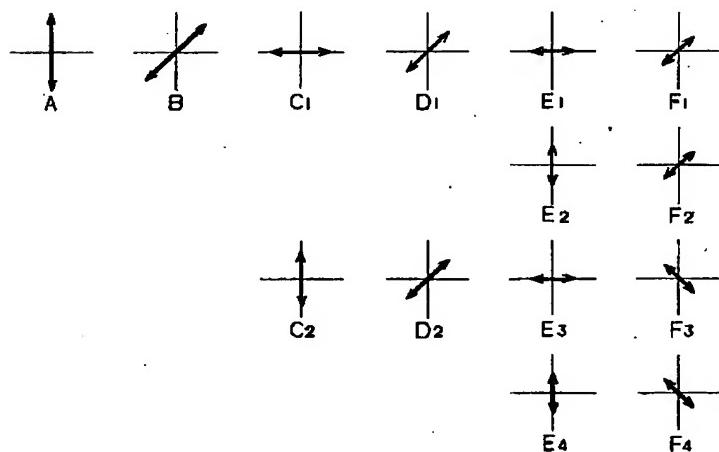
【図10】

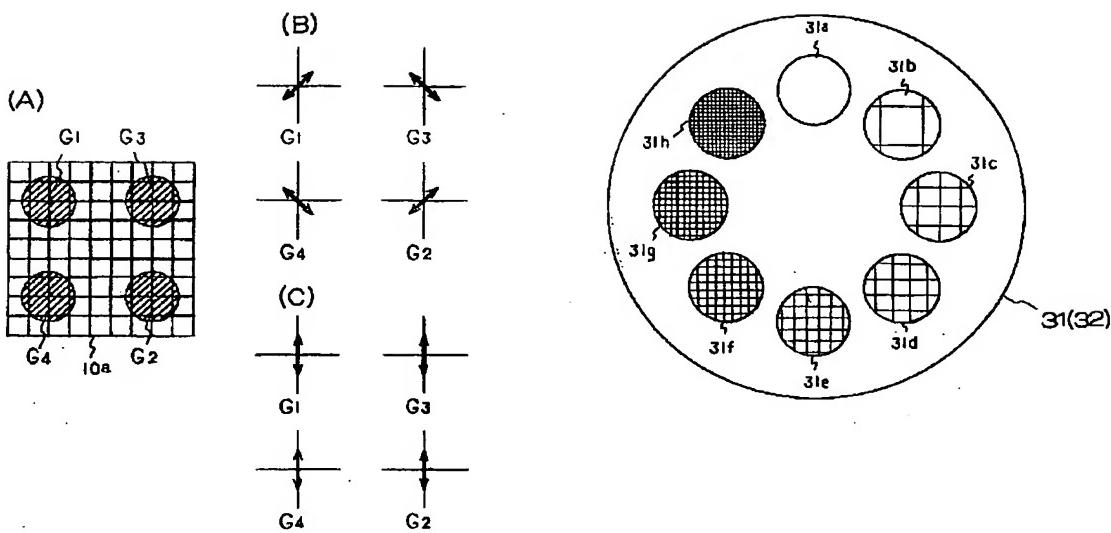


【図2】

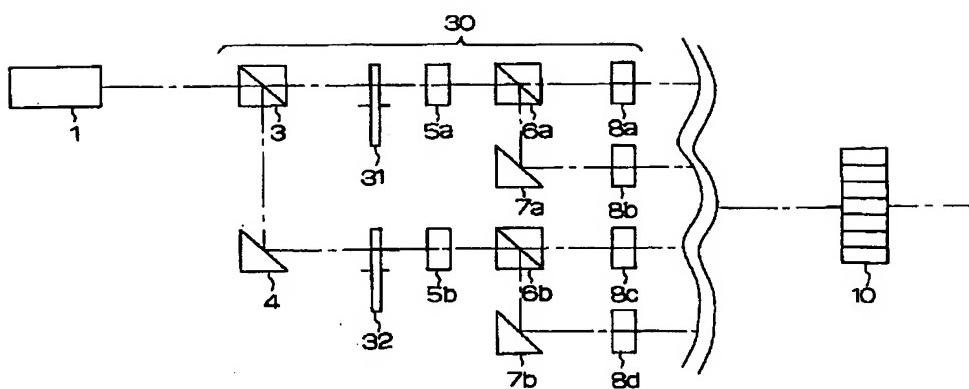


【図3】

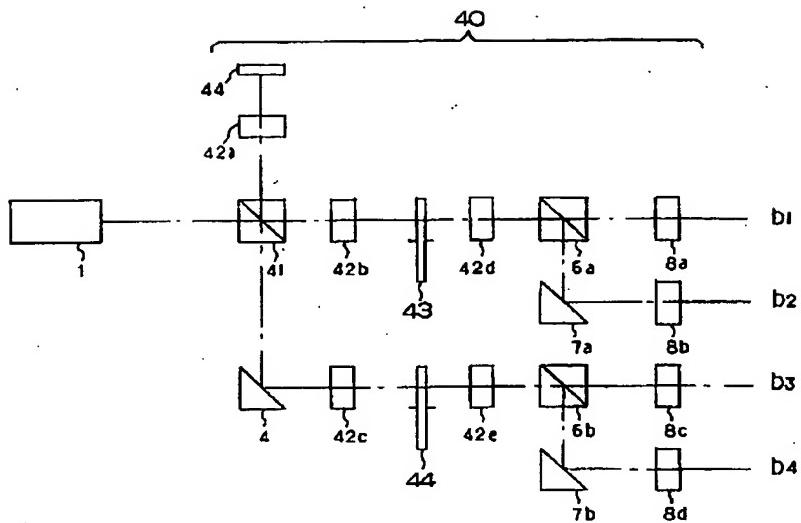




【図6】



【図8】



【図9】

